

# Anatofisiología del control motor musculoesquelético

**Autor:** Sánchez González, Mónica (Fisioterapeuta).

**Público:** Fisioterapeutas. **Materia:** Investigación. Área de Investigación en Fisioterapia. **Idioma:** Español.

**Título:** Anatofisiología del control motor musculoesquelético.

## Resumen

En todo movimiento es necesario un correcto control motor, mediante una coordinación de aparato locomotor a través del sistema nervioso central. Para que se produzca un movimiento voluntario o involuntario, a nivel fisiológico tiene que existir una correcta transmisión del impulso nervioso a través de las motoneuronas de tipo alfa y gama. En este mecanismo, también participan activamente los husos neuromusculares, los órganos tendinosos de Golgi y las fibras extrafusales e intrafusales.

**Palabras clave:** Control, motor, fisioterapia.

**Title:** Anato physiology of musculoskeletal motor control.

## Abstract

In every movement a correct control motor is necessary, through a coordination of the locomotor apparatus through the central nervous system. For a voluntary or involuntary movement to occur, a physiological level has an incorrect transmission of the impulse through the alpha and gamma motoneurons. In this mechanism, neuromuscular spindles, Golgi tendon organs and in the same way extrafunctional and intrafusal fibers are also actively involved.

**Keywords:** Control, motor, physiotherapy.

Recibido 2018-07-31; Aceptado 2018-08-03; Publicado 2018-08-25; Código PD: 098174

## INTRODUCCIÓN

La contracción muscular permite a través del acortamiento de sus fibras el desarrollo de una fuerza cuyo fin es producir movimiento, a parte de que participa activamente en el mantenimiento de la temperatura corporal otorgando la estabilidad y el equilibrio que el cuerpo necesita. <sup>(1,2,3)</sup>

Este hecho constituye la base del ser humano, es decir, el desplazamiento y la realización de los gestos que nos permiten el normal desarrollo de las actividades de la vida diaria como puede ser la alimentación o la higiene. <sup>(1,2,4)</sup>

## Control nervioso de las estructuras musculoesqueléticas

Estas estructuras están compuestas por receptores que permiten el estiramiento del músculo que son denominados husos musculares. Dichos receptores estimulan la fabricación de impulsos de tipo sensitivo cuando la musculatura se encuentra elongada. Las neuronas sensitivas realizan uniones con las moto neuronas que son las encargadas de transmitir el movimiento produciendo una contracción muscular como respuesta del estiramiento. Para mantener el tono muscular producida, las neuronas motoras han de enviar estímulos sensitivos de elongación a su vez a los husos neuromusculares para estimular el estiramiento de las fibras del tejido muscular. <sup>(1,4,5,6)</sup>

Las neuronas ubicadas en la zona medular, son llamadas neuronas motoras inferiores, y se caracterizan por que sus cuerpos celulares se encuentran ubicados en la médula espinal mientras que por el contrario sus axones forman parte de los nervios raquídeos que favorecen la contracción muscular. <sup>(1,4,7,8)</sup>

Los cuerpos celulares de las motoneuronas inferiores se sitúan en el asta anterior de la médula, en la sustancia gris, mientras que las raíces posteriores de los nervios espinales que contienen las fibras de origen sensitivo, tiene su formación en las raíces posteriores ubicados sus ganglios. <sup>(2,6,8,9)</sup>

Las fibras aferentes o sensitivas y las eferentes o motoras se juntan formando un haz común, constituido en su mayor parte por tejido de tipo conjuntivo, dando lugar a los nervios espinales. <sup>(1,6,9)</sup> Dentro de cada segmento de la columna existen neuronas que sus axones no se encuentran relacionados directamente el nervio espinal y se comportan como una interneurona, es decir, que transmiten la información de los impulsos nervioso en dirección ascendente, transversal o incluso descendente hacia el sistema nervioso central en función de las necesidades del cuerpo. <sup>(1,3,4,5,9,10)</sup>

Las fibras que conducen los impulsos a segmentos medulares más elevados y a las diversas regiones del cráneo, forman las llamadas vías ascendentes, mientras que las que hacen esta función pero en dirección inferior son denominadas vías descendentes. Todas las fibras que cruzan y atraviesan la línea media que conforma el sistema nervioso central para ejecutar una sinapsis en el lado contrario constituyendo las vías comisurales. <sup>(1,5,8,10)</sup>

Por lo tanto, las interneuronas pueden realizar el envío de la información mediante impulsos ya sea hacia arriba o hacia abajo del mismo lado o ipsilateral, o pueden interferir en las vías del otro lado también conocido como heterolateral o contralateral en el sistema nervioso central. <sup>(1,3,5,8,10)</sup>

### El papel del huso neuromuscular en control motor

Para el normal movimiento del sistema músculo esquelético, el sistema nervioso ha de estar enviando de forma continua impulso de señales nerviosas de información de retroalimentación sensitiva que concierne a los efectos de sus acciones. <sup>(1,4,8,10)</sup>

Dicha información es la que genera y controla la tensión que ejerce el músculo sobre sus tendones en la musculatura y que es proporcionada por los órganos tendinosos de Golgi y, por otro lado, la longitud del músculo, proporcionada por el cuerpo de los husos musculares.

El aparato del husos, es llamado de este modo debido a que en más ancho en su zona central y se estrecha en los extremos teniendo una forma fusiforme que le permite actuar como controlador de la elongación. <sup>(1,3,4,6,7)</sup>

Cada aparato de estos husos musculares contienen varias células musculares finas denominadas fibras intrafusales que se encuentran envueltas dentro de una vaina de tejido conjuntivo y que se disponen de forma paralela con las fibras extrafusales sin existir ningún tipo de aspecto contráctil. <sup>(1,3,4,6,8,10)</sup>

Debido a la disposición en paralelo de los husos con las fibras musculares extrafusales, el estiramiento de un músculo hace que esto también se estiren. Con ello lo que se consigue es una estimulación de las terminaciones sensitivas del huso neuromuscular. <sup>(1,2,4,5,6)</sup>

El estiramiento subido y brusco del músculo sobre el que se sitúan activa los receptores sensitivos, por lo que constituyen un estímulo mucho más potente, que si el input fuera recibido de forma gradual. El índice la contracción refleja y la fuerza de esta contracción es mucho mayor en forma de reapuesta al estímulo rápido que al gradual. <sup>(1,2,5,7,9)</sup>

### Motoneuronas alfa y gamma

En la medula espinal, coexisten dos tipos de neuronas de tipo motor que se encargan de la innervación de la musculatura encargada de la locomoción. Las neuronas motoras, cuya innervación es la encargada de las fibras extrafusales, son denominadas motoneuronas alfa, mientras que por el contrario, las motoneuronas que llevan a cargo el control de las fibras intrafusales son llamadas motoneuronas gamma. <sup>(1,2,4,7,8)</sup>

En cuanto a la velocidad de transmisión del estímulo, podemos encontrar que las motoneuronas alfa tienen una velocidad de conducción mucho más alta que las motoneuronas de tipo gamma, cuyo diámetro es menor. <sup>(1,3,5,7,9)</sup>

Por norma general, se puede decir que debido a que las del tipo gamma son más poco numerosas, la contracción muscular es generada por las del tipo alfa, ya que conforman una masa suficientemente fuertes como para generar un estímulo de acortamiento en el tejido músculo esquelético. <sup>(1,3,5,7,9)</sup>

En consecuencia de lo anteriormente citado, la activación de las neuronas motoras de tipo gamma incrementa el reflejo de estiramiento y constituye un factor importante en el control consciente y voluntario de los movimientos de la musculatura. <sup>(1,4,6,7)</sup>

Las neuronas superiores estimulan por norma general las neuronas motoras de tipo alfa y gamma a la vez, por lo que dicho proceso es llamado coactivación. De esta manera, se consigue que los husos neuromusculares permanezcan en tensión de forma constante y sigan aportando información sobre el estado de longitud en el que se encuentra el músculo, incluso cuando éste se encuentra acortado. <sup>(1,4,6,8,10)</sup>

En condiciones fisiológicas, las neuronas de tipo gamma generan una actividad que mantiene el nivel necesario para que los husos musculares tenga la tensión oportuna mientras que la musculatura no está activada, ya que una relajación

excesiva del músculo genera un bloque en la capacidad de elongación y contracción de los husos, lo que de manera simultánea produce una contracción refleja. A través de este funcionamiento se tensión y longitudes estándar, se crea el fenómeno del tono muscular. <sup>(1,3,4,5,6)</sup>

### Reflejos musculares esqueléticos

Aunque en su mayoría, la musculatura esquelética se encuentra bajo el dominio voluntario del cuerpo, también puede reaccionar de manera inconsciente debido a los movimiento reflejos. Existen reflejos musculares de diversos tipos, y van desde los más simples, como cuando un músculo se contrae de forma refleja a un estiramiento, hasta los más complejos como puede ser lo que implican la inhibición de la musculatura antagonista del movimiento que va a realizar la acción junto con la regulación de diversos músculos en ambos lados del cuerpo. <sup>(3,7)</sup>

Por ejemplo, en el caso del reflejo de estiramiento muscular, que es el más sencillo, sólo se encuentra implicado el sistema nervioso central mediante la participación de una única sinapsis, donde la neurona sensitiva realiza una sinapsis con la motoneurona. <sup>(1,3,7,9)</sup>

### Bibliografía

1. H.W. Penrose, "The multitechnology Approach to Motor Diagnosis", BJM Corp, 2004.
2. Bernstein, N. (1967). Coordination and regulation of movement. New York: Pergamon Press.
3. De Jong, R.; Coles, M. D.H.; Logan, G. D. & Gratton, G. (1990). In search of the point of no return: the control of response processes. Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance, 16, 164-182.
4. W. Thomson, y R. Gilmor, "Motor Current Signature Analysis to Detect Faults in Induction Motor Drives - Fundamentals, Data Interpretation, and Industrial Case Histories", Proceeding of the thirty-second turbomachinery symposium, 2003.
5. Oña, A. (1994). Comportamiento Motor. Bases Psicológicas del Movimiento Humano. Granada. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
6. Latash, M.L. (1998). Progress in Motor Control. Champaign, IL: Human Kinetics
7. Obeso I., Wilkinson L., Casabona E., Spekenbrink M., Luisa Bringas M., Álvarez M., Álvarez L., Pavón N., Rodríguez - Oroz M.C., Macías R., Obeso J.A., Jahanshahi M., (2014). The subthalamic nucleus and inhibitory control: impact of subthalamotomy in Parkinson's disease. Brain 137(5):1470-1480.
8. H. W. Penrose, "Applications for Motor Current Signature Analysis", BJM Corp, Old Saybrook, 2004.
9. Beilock, S.L., Gonso, S. (2009). Visuo-motor learning with combination of different rates of motor imagery and physical practice. Quarterly Journal of Experimental Psychology. 61 (6), pp. 920-932.
10. Zatsiorsky, V. (2002). Kinetics of Human Motion. Champaign, IL: Human Kinetics.